

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y DIVERSIDAD DE
CACTÁCEAS TRASPLANTADAS EN DOS ECOSISTEMAS DE
MATORRAL DESÉRTICO**

POR

ING. LILIANA SAUCEDO RETA

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS FORESTALES**

DICIEMBRE, 2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y DIVERSIDAD DE
CACTÁCEAS TRASPLANTADAS EN DOS ECOSISTEMAS DE
MATORRAL DESÉRTICO**

POR

ING. LILIANA SAUCEDO RETA

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

DICIEMBRE, 2018

**EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS
TRASPLANTADAS EN DOS ECOSISTEMAS DE MATORRAL DESÉRTICO**

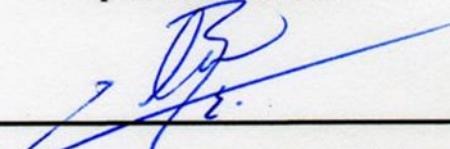
TESIS DE MAESTRÍA

**Para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

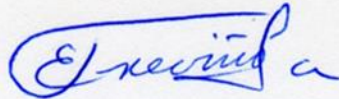
Presenta

ING. LILIANA SAUCEDO RETA

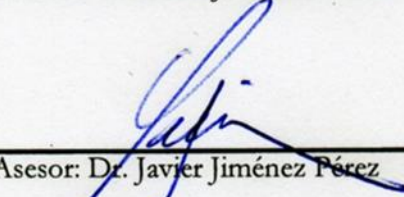
Aprobación de Tesis:



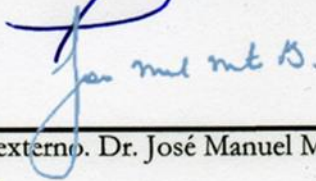
Director: Dr. Eduardo Alanís Rodríguez



Asesor: Dr. Eduardo J. Treviño Garza



Asesor: Dr. Javier Jiménez Pérez



Asesor externo. Dr. José Manuel Mata Balderas

DEDICATORIAS

A Dios

Por darme la fe necesaria para sobre llevar los obstáculos que se presentaron en mi camino, y darme la fortaleza para culminar mis estudios.

A mis padres

A mi madre Rosa Ma. Reta Rodríguez y a mi padre Gonzalo Saucedo Sánchez, por apoyarme incondicionalmente en este recorrido de mi vida, por darme aliento en medio de la desesperanza, por creer en mí con todo su corazón y sobre todo por proporcionarme toda su paciencia y amor.

A mi abuelo

Rito Saucedo, por su ejemplo de vida y cariño, y sobre todo por compartir su amor, por los bosques conmigo.

A mis hermanas

Sandra, Guadalupe y Laura, por el cariño y la paciencia que me han dado todos estos años.

A mi familia en general por ser parte de mi vida.

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero brindar mis agradecimientos a todas las personas que me han apoyado a lo largo de mi vida, pero en especial a:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento de mis estudios.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, a los maestros, técnicos, intendentes, a todos los que trabajan dentro de la facultad, por haberme ayudado en mi formación profesional.

Al comité de tesis, por los acertados consejos y sugerencias en el desarrollo de esta investigación. Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, Dr. Eduardo J. Treviño Garza Dr. Javier Jiménez Pérez Dr. José Manuel Mata Balderas por la confianza y oportunidad brindada en esta investigación, por su apoyo incondicional, sus consejos en lo académico y en lo personal, pero sobre todo por su trato y gran amistad.

A todos mis compañeros, en especial a mis amigos Geraldine, Richy, Eduardo, Rubén, Pedro y Edgar por acompañarme en esta jornada brindándome todo su cariño y apoyo incondicional, haciendo que los momentos difíciles fueran más llevaderos y por ser parte de los momentos más especiales de mi carrera.

A mi amiga de toda la vida Angie por haber sido parte de los periodos más significativos de toda mi vida.

A mis amigos Sergio y Esperanza por apoyarme y darme ánimos de continuar.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1. Ubicación del área de estudio	7
3.2. Descripción de las caracterizas del área de estudio	8
3.3. Materiales y equipo	9
3.4. Procedimiento de rescate y reubicación	9
3.4.1. Identificación	9
3.4.2. Extracción	9
3.4.3. Traslado	10
3.4.4. Tareas previas al trasplante definitivo	10
3.4.5. Preparación de área de trasplante	10
3.4.6. Método de plantación	10
3.4.7. Densidad de plantación	11
3.4.8. Prácticas culturales	11
3.5. Evaluación de la sobrevivencia	12
3.6. Análisis de datos	12
3.6.1. Diversidad Alfa	12
3.6.2. Diversidad Beta	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Evaluación de la sobrevivencia	14
4.2. Evaluación de la diversidad	17
4.2.1. Diversidad alfa	17
4.2.2. Diversidad beta	18
V. CONCLUSIONES	20
VI. LITERATURA CITADA	22
VII. ANEXOS	28
A1 Catálogo de especies	28

Especies con mayor sobrevivencia.....	28
Especies con menor sobrevivencia	30
Especies presentes en ambas áreas.....	32
A2. Anexo fotográfico de las áreas de rescate y reubicación de cactáceas.	
Matorral desértico micrófilo.....	36
Matorral desértico rosetófilo.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenada del área de estudio denominada Mina	7
Tabla 2. Coordenadas del área de estudio MDM	7
Tabla 3. Grado de sobrevivencia de los años 2014, 2015 Matorral desértico rosetófilo.....	14
Tabla 4. Especies, número de individuos rescatados y reubicados inicialmente y la sobrevivencia hasta la fecha.	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	8
Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia de especies trasplantadas en ambos localidades.....	17
Figura 3. Especies presentes en ambas comunidades vegetales.....	19

EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS TRASPLANTADAS EN DOS ECOSISTEMAS DE MATORRAL DESÉRTICO

RESUMEN

El presente estudio intenta resaltar la problemática que actualmente se presenta por un incremento paulatino del número de especies que se encuentran en peligro de extinción y/o necesitan de medidas legales para su protección y conservación. La riqueza natural de México constituye un privilegio y un enorme potencial para su desarrollo, pero también representa una gran responsabilidad social ante el mundo. Los programas de rescate y reubicación de flora silvestre, representan una herramienta para la mitigación, protección y conservación de ejemplares de importancia, ecológica, económica y cultural, sin embargo, el rescate y la posterior reubicación no garantiza la supervivencia, ni el éxito.

La investigación abordó la evaluación de la sobrevivencia de cactáceas trasplantadas, como parte de programas de rescate y reubicación en dos localidades, ubicados en los municipios de Mina y García, Nuevo León. Por medio de conteo anual de ejemplares vivos y muertos se evaluó la sobrevivencia durante dos años para el caso del matorral desértico rosetófilo en el municipio de Mina y durante un año para el caso del matorral desértico micrófilo en García. Como complemento para el conocimiento de los ecosistemas perturbados, se realizó evaluaciones de diversidad y cómo se ve afectada por la sobrevivencia de las especies. Se utilizó los índices de Margalef (D_{Mg}) y de Shannon y Weiner (H') para determinar la diversidad alfa. Para la determinación de la diversidad beta se utilizó el índice de Morisita-Horn (I_{MH}) que mide el grado de similitud de las dos comunidades vegetales presentes en las localidades.

ABSTRACT

The present study tries to highlight the problems that currently displays for a gradual increase in the species number inextinction danger, of needs of legal measures for their protection and conservation. The natural wealth of Mexico is a privilege and a huge potential for development, but it also represents a great social responsibility before the world. Rescue programs of rescue and relocation of wild flora, represent a tool for mitigation, protection and conservation of exemplary of importance, ecological, economic and cultural fields, however the rescue and the subsequent relocation does not guarantee the survival, nor the success.

Research aboard the evaluation of the survival of cacti transplanted, as part of two programs of rescue and relocation in two localities, located in the municipalities of Mina and Garcia, Nuevo León by means of annual count of live and dead specimens was evaluated the survival during two years in the case of the desert scrub rosetophilous at Mina and during a year, on the case of microphyll desert scrub in Garcia. As a complement to the knowledge of disrupted ecosystems, evaluations were conducted of diversity, and how this is affected with the percentage of survival. Used the indexes of Margalef (D_{MG}) and Shannon and Weiner (H') to determine the alpha diversity. For the determination of the beta diversity index was used Morisita-Horn (I_{MH}) which measures the degree of similarity between plant communities present in the localities.

I. INTRODUCCIÓN

La destrucción de hábitat es uno de los principales factores causales del declive de la biodiversidad registrado a nivel mundial (Acebedo y Delibes, 2013); el cambio de uso de suelo es consecuencia de la creciente demanda de los recursos naturales y que ha provocado la alteración de gran parte de la superficie terrestre (Sotelo *et al.*, 2005); por consiguiente, la conservación de los ecosistemas forestales en la actualidad es un rubro de vital importancia para la preservación, protección y restauración de los recursos forestales, así como la biodiversidad de los diferentes ecosistemas (Arredondo y Sánchez, 2007).

La protección de las especies, a través de su rescate y reubicación ha representado una estrategia para salvaguardar la biodiversidad, manteniendo así la variabilidad genética de las especies dentro de los ecosistemas (Valencia, 2013). Actualmente se presenta un incremento paulatino del número de especies que se encuentran en peligro de extinción y/o necesitan de medidas legales para su protección y conservación (Godínez *et al.*, 2008). La riqueza natural constituye un privilegio y un enorme potencial para el desarrollo, pero también representa una gran responsabilidad social ante el mundo (Fuentes y Jiménez, 2007).

Durante la última década la conservación de flora silvestre ha tomado gran relevancia en México, dado que muchas especies se encuentran en ecosistemas que no están sujetos a ninguna protección y en algunas ocasiones se desconoce su función e importancia dentro del hábitat (ERM, 2011). Entre la flora amenazada en México, se encuentran las cactáceas; que constituyen elementos importantes en la estructura y la dinámica de las comunidades de las zonas semidesérticas. Su desaparición conlleva a un proceso de empobrecimiento biológico y a la pérdida de recursos útiles para las poblaciones humanas (Valiente, 2002). Esta familia en particular presenta una gran variedad y caprichosas formas, lo cual las hace susceptibles a ser sustraídas del país. México es el más importante centro de concentración de

cactáceas (68 géneros y 689 especies) (Guzmán *et al.*, 2007) con un alto índice de endemismo a nivel genéricos 73% y específico 78% (Duran y Méndez, 2009). Las cactáceas constituyen uno de los géneros más importantes en muchas comunidades por su aprovechamiento comestible y religiosos en el Noreste del país. Referente a sus beneficios en el ecosistema, mantienen los suelos compactos y vivos gracias a una red construida con sus raíces, algunos ejemplares tardan en crecer entre 150 y 300 años, por lo que cuando se extrae un ejemplar sin control, resulta difícil reponer sus funciones biológicas (INIFAP, 2007). Pese a la importancia ecológica, económica y cultural que representan, es importante hacer hincapié en el número de géneros y especies listadas en alguna categoría de riesgo como son las 276 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 140 especies en IUCN Red List, mientras que CITES enlista 46 especies (Arias *et al.*, 2005).

En México el mantenimiento de las cactáceas no solo debe formar parte de un requisito para el cambio de uso de suelo, sino que debe darse un seguimiento, que garantice el establecimiento y la posterior reproducción de los ejemplares rescatados; así mismo asegurar un funcionamiento ecosistemático adecuado en el área, tomando en cuenta su diversidad y requerimientos ambientales. En este sentido se considera que actualmente, el aprovechamiento de los recursos naturales va más allá del contexto tradicional, en el cual su uso debe tomar en cuenta el grado de afectación que genera, además las medidas de mitigación o de compensación deben estar en función con el daño causado (Anderson, 2001).

Por lo anterior y con la finalidad de conocer el grado de éxito de las medidas de conservación implementadas, como estrategia para mitigar el daño causado por el cambio de uso de suelo. Se evaluó la sobrevivencia de ejemplares trasplantados, en localidades ubicadas en el municipio de Mina con vegetación de matorral rosetófilo (MDR) y el municipio de García con matorral desértico micrófilo (MDM), como parte de los proyectos de rescate y reubicación de flora en el estado Nuevo León.

Los programas de rescate en “Mina (MDR)”, se autorizó en agosto de 2012, donde se realizó un programa de rescate y reubicación de ejemplares de cactáceas de manera temporal en un centro de acopio ubicado dentro del Centro de reinserción social (CERESO) de Mina, por lo cual en enero de 2013 se tomó la decisión de incorporar este material a una zona destinada para conservación, la cual se ubica dentro del mismo predio, pero fuera de las áreas de construcción. Para el caso del programa en García (MDM) el 16 de diciembre de 2014 se autorizó realizar los trabajos de cambio de uso de suelo y en el año 2015 se realizó en rescate y reubicación de cactáceas.

Para el caso del matorral desértico rosetófilo (MDR), se evaluó la sobrevivencia de los años 2014 y 2015; en el matorral desértico micrófilo (MDM), se realizó el rescate en primavera del 2015 y la evaluación de la sobrevivencia en el año 2016. Así mismo se realizó el análisis de diversidad alfa utilizando los índices de Margalef (DMg) y de Shannon y Weiner (H') y para conocer la similitud entre comunidades se utilizó el índice de Morisita-Horn.

II. ANTECEDENTES

Si bien el concepto de rescate y reubicación de especies no es nuevo y se implementan en el último par de décadas, los estudios realizados sobre la eficiencia de estos no han tomado gran importancia (Paredes *et al.*, 2000). Esto debido a que únicamente se cumple, como requisito y en algunos de los casos no se llevan a cabo, conforme a lo establecido por la ley, por ende, la información que se tiene sobre el tema viene de los reportes de algunas consultorías ambientales, pero no de documentos científicos.

Nevárez y Gutiérrez (2001), han obtenido niveles de sobrevivencia de hasta el 98% en los programas de rescate de cactáceas realizados. Afirman que se ha logrado gracias a la experiencia adquirida, con base en la cual se tomaron en cuenta factores como la extracción de las cactáceas conservando el suelo adherido a su sistema radical, la conservación de su orientación primaria, la compactación del suelo al plantarlas y la reubicación inmediata de las mismas en un sitio cercano a su lugar original. Aunado a lo anterior afirman que uso de tecnología GPS para la ubicación de las plantas, permite dar seguimiento a los programas de rescate, así como evaluar su éxito.

Ledezma *et al.*, (2001), realizaron un rescate de ejemplares de *Lophophora williamsii*, una vez identificadas los individuos a rescatar se procedió a la extracción y el registro de las características de los ejemplares como diámetro y altura, se dejaron cicatrizar expuestas al aire libre y al sol (parte radicular) y finalmente fueron trasplantadas donde se agregó sustrato, la sobrevivencia que se obtuvo tras el rescate y reubicación fue del 98% del total de los ejemplares reubicados.

Gutiérrez y Nevárez (2003), determinaron por medio de la comparación de 3 metodologías de rescate que la extracción con cepellón y replantación inmediata, es el más efectivo, seguido de la extracción con cepellón, mantenimiento en vivero y replantación y finalmente el de extracción sin

cepellón, cicatrización y replantación es el menos efectivo de los tres; con el menor porcentaje de sobrevivencia.

Godínez *et al.*, (2008) evaluaron la sobrevivencia de 4 especies *Prosopis laevigata*, *Stenocereus stellatus*, *Castela tortuosa* y *Agave marmorata*, cada una de las especies se colocaron en dos condiciones ambientales; debajo de plantas perennes y en áreas desprovistas totalmente de vegetación, se realizaron en cada población un número de repeticiones de 2-8. Las plántulas se contaron cada 15-30 días los datos se analizaron con la prueba de Peto-Peto para determinar la existencia de diferencias en el número de plántulas debajo de las plantas perennes. La sobrevivencia de las plántulas de todas las especies fue relativamente baja y dependiendo en gran medida de las condiciones microambientales. En las especies *S. stellatus* y *A. marmorata* los sitios ubicados debajo de las plantas perennes presentaron mayor sobrevivencia, mientras que para *P. laevigata* la supervivencia fue igual en ambas condiciones, para la *C. tortuosa* las plantas no sobrevivieron más de 17 días en ambos tratamientos por lo cual los resultados no son concluyentes para esta especie.

Salas *et al.*, (2010), ejecutaron un traslado de una pequeña población *Astrophytum myriostigma*, en el ejido Villa Nazareno; localizado en el municipio de Gómez Palacio en el estado de Durango. Se realizaron muestras en 6 cuadrantes de 10x10 m y se cuantificaron un total de 32 individuos, se localizó una población más en una superficie de 250 m² en donde se registraron 10 ejemplares dentro de 3 cuadrantes de medidas similares los de la primera población, debido a que la población encontrada en los primeros 6 cuadrantes se encuentra cerca de un área de extracción minera estos 32 ejemplares se reubicaron a la segunda zona y hasta el último monitoreo la sobrevivencia de los ejemplares era del 100%.

Rojas *et al.*, (2013), dispusieron evaluar la supervivencia de individuos extraídos de un páramo de la especie de *Espeletia grandiflora*, se reubicaron 600 ejemplares de tamaños pequeños (3-7cm), mediano (8-12 cm) y grandes (13-17

cm), 200 por tamaño, se plantaron en 8 parcelas de 2x2 m donde previamente se eliminó la biomasa epigea, en cada parcela se plantaron 25 plantas del único tamaño en filas de cinco y con una separación de 50 cm; se tomaron datos de sobrevivencia en los meses 3.1, 9.5.13.1. 18.7 y 21 utilizando el tiempo y la categoría de tamaño como factor, se obtuvieron resultados de sobrevivencia del 74.62% del total de las especies rescatadas, y teniendo una mayor sobrevivencia en individuos de tamaño grande.

Hipótesis

La sobrevivencia y diversidad de las cactáceas trasplantadas presentara variabilidad en dos ecosistemas.

Objetivo general.

Evaluar la sobrevivencia y diversidad de cactáceas trasplantadas en dos ecosistemas dentro de programas de rescate y reubicación de flora.

Objetivos particulares:

- Evaluar la variabilidad de la sobrevivencia entre las especies reubicadas.
- Evaluar la diversidad en comunidades trasplantadas.
- Evaluar el grado de similitud entre la comunidad vegetal presente en cada localidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

En el área denominada Mina (MDR) la reubicación final se realizó al noroeste del Centro de Reinserción Social las siguientes coordenadas (UTM).

Tabla 1. Coordenada del área de estudio denominada Mina

Coordenada	X	Y	Altitud.
1	341988	2885305	742
2	342074	2885424	750
3	341969	2885486	756

El área de acopio para el proyecto García (MDM) se ubicó al sur del predio con un área aproximada de 1,484 m² el área se encuentra en las coordenadas que a continuación se enlistan.

Tabla 2. Coordenadas del área de estudio MDM

Polígono 1			Polígono 2		
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	338777	2856830	1	338820	2856836
2	338780	2856826	2	338816	2856844
3	338776	2856822	3	338814	2856849
4	338772	2856810	4	338814	2856855
5	338770	2856810	5	338821	2856858
6	338764	2856815	6	338826	2856859
7	338757	2856820	7	338821	2856853
8	338754	2856817	8	338822	2856846
9	338744	2856842	9	338824	2856841
10	338745	2856849	10	338822	2856839
11	338742	2856857	136.50 m ²		
12	338743	2856862			
13	338747	2856863			
14	338760	2856861			
15	338765	2856860			
16	338775	2856854			
17	338780	2856842			
18	338780	2856839			
19	338781	2856834			
1,347.50 m ²					
Superficie Total de la parcela de rescate = 1,484 m ²					

La ubicación de las áreas donde se encuentran las zonas de trasplante se observa en la siguiente figura:

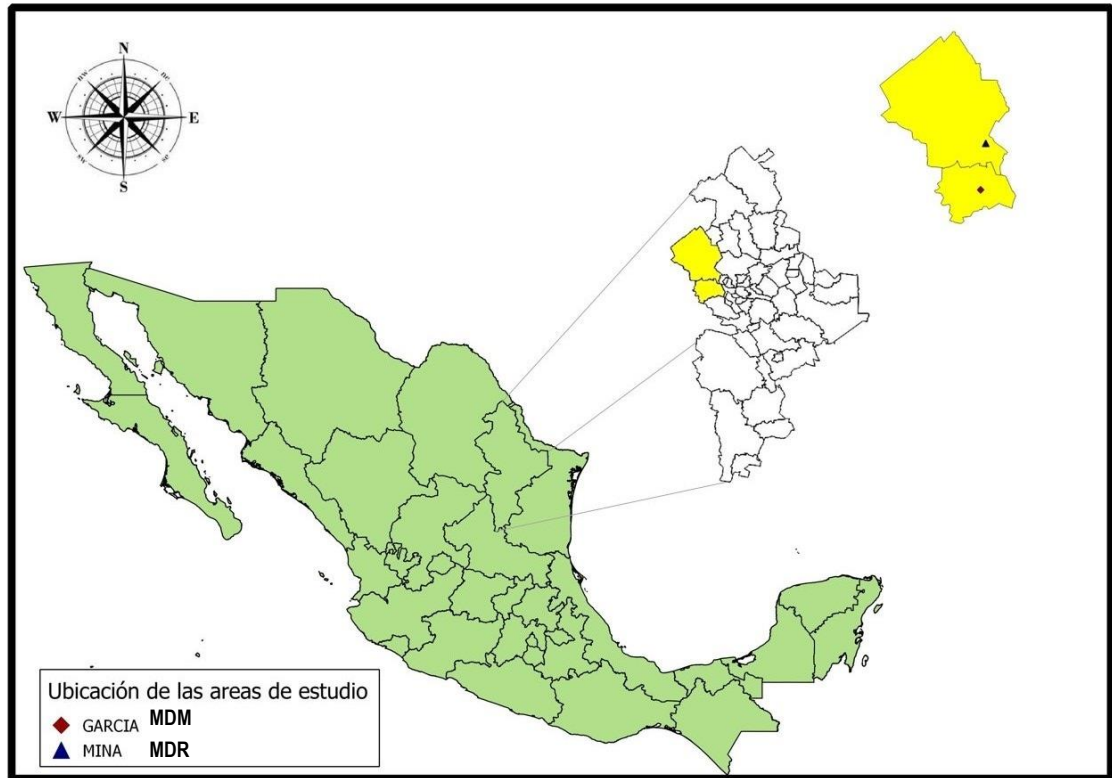


Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.2. Descripción de las caracterizas del área de estudio.

En Mina el clima es seco estepario cálido (BSH), con una temperatura media anual de 24°C, la mínima registrada de 0°C y la máxima de 40°C. Las lluvias, que no son frecuentes, aparecen entre mayo y octubre, su precipitación anual es de 270 mm. Con suelos principalmente de tipo regosol y litosol (INEGI, 2009).

Para el caso de García, el clima es seco y muy seco (BW_{hm}), la temperatura media anual oscila desde los 16°C hasta los 24° C con un % de lluvia invernal de 5-10.2 mm. El rango de mayor precipitación anual es de 200-300 mm. Los suelos dominantes son los xerosoles y litosoles (Plan Municipal de Desarrollo Urbano, 2012-2015).

De acuerdo a la carta de uso de Suelo y vegetación de INEGI, en conjunto con los recorridos y sitios de muestreo realizados en el área del proyecto, el tipo de vegetación registrado es matorral desértico rosetófilo (Mina) y matorral desértico micrófilo (García) (Alanís *et al.*, 2015).

3.3. Materiales y equipo.

Para la extracción, traslado, replante, de las especies, se empleó el siguiente material: Palas, picos, piolets, contenedores para su transporte, guantes de carnaza, lentes de protección, enraizante, herramientas de corte, fungicida.

3.4. Procedimiento de rescate y reubicación

Por medio de observaciones en campo de las especies de flora existente se consideraron principalmente las especies que se encuentren bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas especies de más lento crecimiento.

3.4.1. Identificación

Los individuos fueron identificados en campo por personal capacitado, y aquellos que requirieron ser rescatados, trasplantados, respetados, protegidos o conservados en sitio, fueron señalados con un listón de color llamativo o con una estaca de color sobresaliente. Esto con el fin, de ubicarlos inmediatamente, y para que no sean dañados o derribados por los trabajadores en la construcción.

3.4.2. Extracción

Este trabajo está referido para plantas de tamaño pequeño-mediano (10-120 cm). Para su extracción, se escarbo con pico, pala o piolet, cerca de la base de

la planta hasta la liberación total de la raíz, cuidando de no dañar el sistema radicular, tallos, brotes o hijuelos.

3.4.3. Traslado

Para su transporte a los sitios de replantación, se realizó separación de ejemplares dependiendo de su tamaño, forma, resistencia de la epidermis y/o presencia de espinas, de manera que se evite el daño al introducirlas dentro de las cajas de plástico.

3.4.4. Tareas previas al trasplante definitivo

Debido a que durante el proceso de extracción y transporte se hirieron algunos ejemplares, se realizó la curación total antes de proceder con el plantado. Para este curado, se retiraron las partes dañadas con herramientas de corte desinfectadas, cuidando el realizar cortes limpios, para después aplicar fungicida directamente sobre el área recién cortada y se dejó secar la herida por un periodo adecuado (no menos a 7 días). Para fortalecer y apresurar el periodo de adaptación de la planta a su nuevo hábitat, se aplicó un enraízate en polvo (ácido indol-butírico) directamente sobre las heridas encontradas en el sistema radicular.

3.4.5. Preparación de área de trasplante

Con la finalidad de propiciar un microambiente adecuado para los ejemplares de cactáceas rescatados, se conservó la vegetación presente en el sitio de trasplante, con el objeto de que esta le provea de protección a los ejemplares. Así mismo se representaron los distintos microhábitats presentes en el área del rescate.

3.4.6. Método de plantación

Las especies se dejaron cicatrizar por al menos 7 días, posterior a este tiempo fueron establecidas en el área de trasplante. Se plantaron los individuos de tal

manera que al momento de cubrir las raíces, éstas no quedaran por encima del nivel del suelo ni dobladas y se compacto bien el suelo alrededor de la misma; además de colocar una o varias piedras a fin de evitar que sea dañada por roedores que aprovechen lo blando del suelo para desenterrarla, voltearla y comerlas desde la base, burlando así la protección que de manera natural le proporcionan las espinas, así como también para evitar la evaporación excesiva del agua del suelo recién removido.

3.4.7. Densidad de plantación

La densidad de plantación se determinó evaluando todos los posibles microhábitats disponibles en el área del trasplante, cuidando de respetar las necesidades y limitaciones de insolación, temperatura y nodricismo para cada una de las especies.

3.4.8. Prácticas culturales

Para dar seguimiento, se consideró un periodo de dos meses a partir del inicio de la reubicación, rescate o propagación, se tomaron en cuenta los siguientes procesos:

- a). Condicionamiento fitosanitario: Se realizaron observaciones periódicas de los individuos trasplantados, aplicando en caso de ser necesario medidas correctivas.
- b). Adaptación del trasplante: Se observaron las condiciones en que encuentren los individuos, es decir, si están sanos y turgentes, esto es para detectar posibles necesidades hídricas con el fin de aplicarles riego.

Una vez establecidas las especies se ejecutaron visitas periódicas en el sitio, para verificar la recuperación de estas y si es necesario se realizarán labores mínimas para superar los contratiempos que se presenten.

3.5. Evaluación de la sobrevivencia

La fórmula para determinar la sobrevivencia fue la utilizada para evaluar una plantación o una siembra directa, “sobrevivencia real” y se entiende como la cantidad de plantas que se conservan vivas expresada porcentualmente (CONAFOR, 2010).

$$SR = \left(\frac{Pv * 100}{Pv + Pm} \right)$$

Dónde:

SR = Supervivencia real

Pv = Plantas vivas

Pm = Plantas muertas o agonizantes

La variabilidad de los porcentajes de sobrevivencia se realizó, con un análisis comparativo entre el grado de sobrevivencia obtenido en el primer año. De ambas comunidades vegetales.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Diversidad Alfa

Para conocer la riqueza específica, así como determinar el grado de diversidad inicial y resultante de cada año de la sobrevivencia se planteó estimar los siguientes índices:

Para estimar la diversidad alfa se utilizaron los índices de Margalef (D_{Mg}) y de Shannon y Weiner (H') mediante las ecuaciones siguientes (Alanís *et al.*, 2016):

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número de especies presentes

\ln = logaritmo natural

N = número total de individuos

$p_i \dots = n_i / N$

n_i = número de individuos de la especie i

3.6.2. Diversidad Beta

Para la determinación de la diversidad beta se utilizó el índice de Morisita-Horn (I_{MH}) el cual mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar, cada uno de un sitio o grupo diferente sean de la misma especie (Moreno, 2001). Se realizó el análisis con la finalidad de conocer la similitud entre ambas localidades. Para la evaluación se tomó el porcentaje obtenido en el primer año que corresponde al 2014 para el matorral desértico rosetófilo y en 2016 para matorral desértico micrófilo.

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a n_i \times b n_j)}{(d a + d b) a N \times b N}$$

Donde

$a n_i$ = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A

$b n_j$ = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B

$d a = \sum a n_i^2 / a N^2$

$d b = \sum b n_j^2 / b N^2$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la sobrevivencia

Para el MDR se registraron 13 especies, con un total de 34,878 individuos rescatados en el año 2013, mientras que para el primer año de evaluación 2014, el descenso fue alrededor de 5 mil ejemplares, indicando un porcentaje de sobrevivencia del 85.43%; a los dos años del rescate (2015), la sobrevivencia fue del 84.64% con respecto al conteo inicial, teniendo una variación anual del 0.79%. *Lophophora williamsii* es la especie con mayor porcentaje de individuos vivos en el primer año, mientras tanto en el 2015 *Thelocactus bicolor* y *L. williamsii* presentaron el mismo grado de sobrevivencia (Tabla 1); la especie que presentó menor porcentaje fue *Coryphantha salinensis* en los dos años de evaluación. En la tabla siguiente se encuentran el nombre de las 13 especies, así como el número de individuos con su respectivo porcentaje de sobrevivencia por año de evaluación, así como el estatus de riesgo en el que se encuentran.

Tabla 3. Grado de sobrevivencia de los años 2014, 2015 Matorral desértico rosetófilo.

Especie	N° Ind Inicial	N°Ind2014	% de Sobrevivencia	N°Ind2015	% de Sobrevivencia	Estatus
			2014		2015	
<i>Astrophytum capricorne</i>	170	138	81	130	76	A
<i>Coryphantha neglecta</i>	9,900	8,254	83	8,156	82	NL
<i>Coryphantha salinensis</i>	390	234	60	217.00	56	NL
<i>Coryphantha delicata</i>	2,500	1,937	77	1925	77	Pr
<i>Echinocactus horizontalis</i>	990	752	76	748	76	NL
<i>Echinocereus pectinatus</i>	1,100	703	64	689	63	NL
<i>Ferocactus hamathacanthus</i>	275	215	78	203	74	NL
<i>Epithelantha micromeris</i>	2,300	1,798	78	1773	77	Pr
<i>Lophophora williamsii</i>	14,00	12,852	92	12789	91	Pr
<i>Neolloydia conoidea</i>	900	789	88	778	86	NL
<i>Sclerocactus scheeri</i>	410	345	84	337	82	NL
<i>Thelocactus bicolor</i>	2020	1,845	91	1840	91	NL
<i>Amoreuxia wrightii</i>	23	20	87	20	87	P
Total	34,97	29,882	85.43	29,605	84.64	

Estatus. *A. amenazada; NL. No listada; Pr. Sujetas a protección especial; P. Peligro de extinción.

Flores en 2012, señala que los dos primeros años evaluados muestran una variación mínima en la sobrevivencia, lo cual indica una estabilidad de las comunidades vegetales.

Para la localidad de MDM (García), se registraron siete especies susceptibles al rescate de la familia de las cactáceas que por sus características de lento crecimiento fueron seleccionadas para su trasplante. Se rescataron y trasplantaron un total de 2,408 individuos (año 2015). En el año 2016 se realizó la primera evaluación de sobrevivencia, se contabilizó un total de 1,977 y se obtuvo un porcentaje de del 82.10%.

Durante el primer año, el total de los individuos de *Mammillaria heyderi* se mantuvieron con vida hasta la primera evaluación, es decir el 100% de sobrevivencia, mientras en caso contrario y en un rango abajo con respecto a los demás *Echinocereus poselgeri*, presentó un 67% (Tabla 4) de sobrevivencia respecto a su conteo inicial. El número de individuos por especie se encuentran contenidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Especies, número de individuos rescatados y reubicados inicialmente y la sobrevivencia hasta la fecha.

Especie	N° Ind		% de	Estatus
	2015	2016	Sobrevivencia	
<i>Coryphantha neglecta</i>	1,050	856	82	N/A
<i>Coryphantha salinensis</i>	120	115	96	N/A
<i>Echinocactus texensis</i>	1,055	852	81	N/A
<i>Mammillaria heyderi</i>	6	6	100	N/A
<i>Sclerocactus sheeri</i>	156	132	85	N/A
<i>Thelocactus bicolor</i>	12	10	83	N/A
<i>Echinocereus poselgeri</i>	9	6	67	Pr
Total	2,408	1,977	82.10	

Las principales prácticas las cuales fueron fundamentales para garantizar un mayor porcentaje de sobrevivencia; de acuerdo con Lincoln *et al.*, (1995); Arredondo (2002), Gutiérrez y Nevárez (2003), Ledesma *et al.*, (2001) y Arredondo y Sánchez en 2007, son la correcta identificación de las especies evitando así el manejo inadecuado de los individuos. La extracción garantizó

una mínima pérdida de individuos y por lo tanto un mayor grado de sobrevivencia y el traslado fue realizado de acuerdo a las características morfológicas de los individuos.

Martínez y Martín en 2001, Ingemar panamá en 2009 y URS Holding Inc 2011; coinciden que un rango de sobrevivencia aceptable es por arriba del 80% y en ciertas condiciones hasta un 70% dependiendo de características específicas de la especie. En este caso la mayoría de las especies del MDM sobrepasaron el 80% de sobrevivencia a excepción de los individuos de *Echinocereus poselgeri* (67%); para el caso del MDR, las especies se encuentran por arriba de los 70%; a excepción de las especies de *Coryphantha salinensis* (56%) y *Echinocereus pectinatus* (63%), se debe tomar en consideración que el número de individuos manejados de MDR es mucho mayor que el manejado en el MDM.

La sobrevivencia obtenida en el primer año, para matorral rosetófilo (Mina) fue de un 85.43% mientras que para el matorral micrófilo (García) fue del 82.10% estos resultados son contrastantes con los reportados por Flores en 2012 (91%); Nevárez y Gutiérrez en el año 2001 (98%); Ledesma y colaboradores en 2001 (98%), y finalmente Valencia en 2013 (100%). Cabe destacar que las metodologías utilizadas en los recates, trasplante y cuidados de los ejemplares varían dependiendo de los autores y aún más con las técnicas con las implementadas en la presente evaluación,

Bahena (2012) y Salas *et al.*, (2007), coinciden que el primer año refleja en gran medida el comportamiento futuro, de la permanencia de los individuos en campo. En este sentido, el año uno es considerado de vital importancia para establecer un porcentaje de sobrevivencia que se mantenga constante en años posteriores. El análisis comparativo de la sobrevivencia de las especies arrojó un total de 1 especie presentes en las dos localidades, de las cuales *Mammillaria heyderi* (100 %) en MDM presentó mayor grado de sobrevivencia; si bien *Coryphantha salinensis* mostró el menor porcentaje en MDR, no se consideró la especie con menor sobrevivencia debido a que en el MDM obtuvo

uno de las sobrevivencias más altas, por lo tanto *Echinocereus pectinatus* (64 %) se tomó como el mínimo porcentaje, el grado de sobrevivencia de cada una de ellas se muestran en la figura 2:

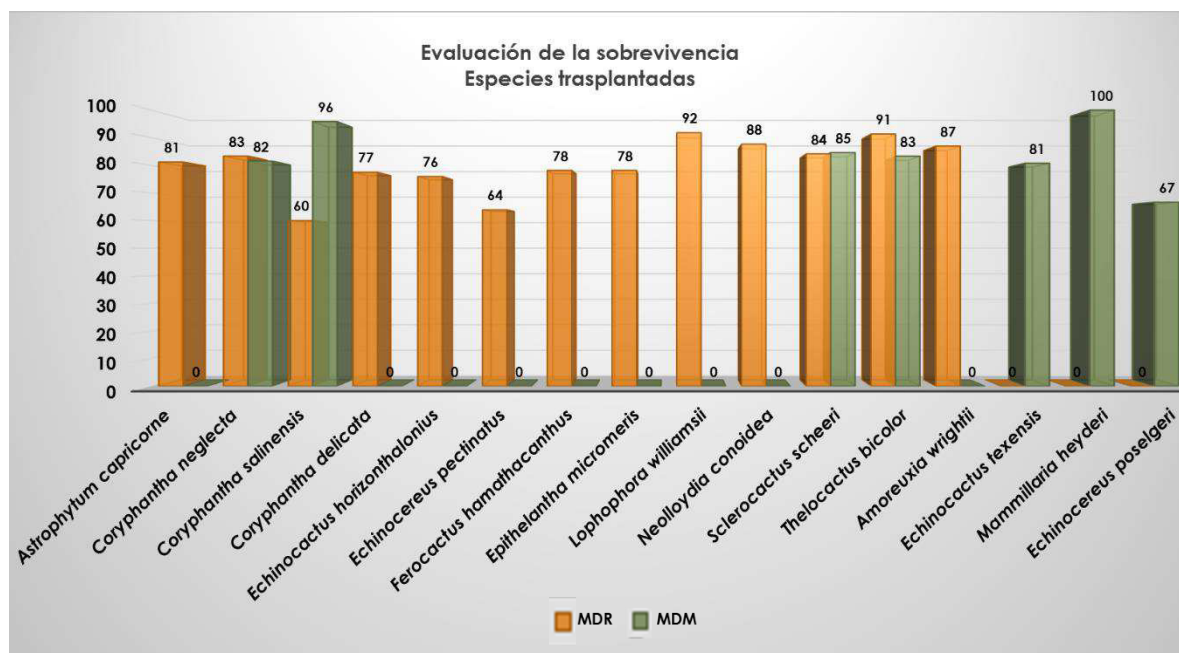


Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia de especies trasplantadas en ambas localidades.

4.2. Evaluación de la diversidad

Para el MDR se registraron 13 especies susceptibles al rescate, 12 de estas pertenecer a la familia de las cactáceas y una de la familia Bixaceae, de las cuales cinco de ellas se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así mismo los demás ejemplares, por sus características de lento crecimiento se seleccionaron para su reubicación y conservación. En el caso del MDM se contabilizo 7 especies de la familia cactácea.

4.2.1. Diversidad alfa

La riqueza inicial (2013) obtenida en el MDR con ayuda del índice de Margalef fue de $D_{mg}=1.146$, para el primer año se obtuvo un valor de $D_{mg}= 1.164$; mientras que para el año 2015 el valor en la riqueza se mantuvo en $D_{mg}=1.165$, aumentando después del rescate y manteniéndose, sin embargo los valores

obtenidos indican que la riqueza de la muestra, es baja respecto a los resultados obtenidos por; Mata *et al.*, (2015) $D_{mg}=4.62$; Alanís *et al.*, (2015B) $D_{mg}=8.50$, siendo más comparable con los valores obtenidos por Alanís *et al.*, (2015A) $D_{mg}=1.36$ y Mata *et al.*, (2014) $D_{mg}=2.50$, sin embargo se debe considerar que los resultados son áreas no perturbadas o con mínima perturbación.

Para el caso del matorral desértico micrófilo la riqueza inicial fue de $D_{mg}=0.770$ y para el primer año de evaluación se tiene un valor de $D_{mg}=0.790$. En este caso la riqueza también tiende al aumento, pero se considera baja equiparándose con lo obtenido por Mora *et al.*, (2014) $D_{mg}=2.29$ siendo este resultado en zona de perturbación por uso pecuario, así como los resultados análogos que señalan Giménez *et al.*, (2007) $D_{mg}=2.3$; Mata *et al.*, (2014) $D_{mg}=2.59$ y Alanís *et al.*, (2015b) $D_{mg}=3.72$, en áreas no perturbadas.

Referente a los resultados de diversidad obtenidos por medio del índice de Shannon y Weiner para el MDR en 2013; el valor resultante fue de $H'=1.730$, para el 2014 hubo un descenso a $H'=1.668$ y para el 2015 el valor se mantuvo constante, solo con una ligera variación $H'=1.662$ indicando un descenso con respecto a la riqueza original obtenida el cual podemos contrastar con los datos obtenidos por Alanís *et al.*, (2015b) $H'=1.90$; Mata *et al.*, (2015) $H'=3.13$; Huerta y García (2004) $H'=3.48$.

En el MDM el índice nos arrojó un valor de $H'=-1.112$ de diversidad para el año 2015 mientras que para el año 2016 el valor aumento a $H'=1.133$ y fue disentido con los resultados de Medina *et al.*, (2015) $H'=1.48$; Mora *et al.*, (2014) $H'=1.87$ ambos casos en zonas perturbadas.

4.2.2. Diversidad beta

Utilizando el índice de Morisita-Horn, se evaluó el primer año de sobrevivencia de cada localidad; obteniendo un valor de $I_{MH}=0.397$, lo que indica de las localidades tiene un grado de similitud del 39% es resultado es diferente al obtenido por Mata *et al.*, (2014). Los cuales obtuvieron un 51.71% de similitud entre estos dos mismos matorrales.

Concerniente a las especies que se encontraron en ambas localidades se tiene a *Coryphantha neglecta*, que presentó una sobrevivencia similar tanto en matorral rosetófilo como en el micrófilo con un 83% y 82% respectivamente. *Coryphantha salinensis* mostró una diferencia relevante en ambas localidades, con 60% para MDR y 96% en MDM, es decir una diferencia del 36%. Otras de las especies presentes en ambos sitios *Sclerocactus scheeri* (84% MDR y 85% MDM) que obtuvo una sobrevivencia mayor en la vegetación de matorral micrófilo. *Thelocactus bicolor* obtuvo un 8% más de sobrevivencia en el matorral rosetófilo en la localidad de Mina, que los individuos trasplantados en la localidad de con MDM (Figuar.3).

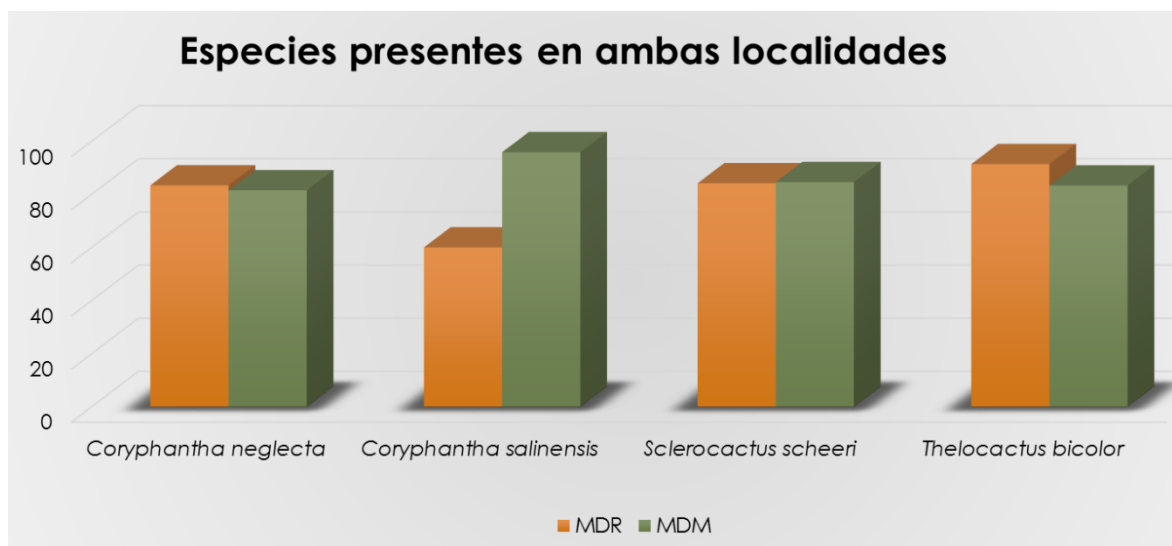


Figura 3. Especies presentes en ambas comunidades vegetales

V. CONCLUSIONES

Los programas de rescate han garantizado una sobrevivencia más que aceptable, sobrepasando en promedio el 80%, el cual se ha mantenido constante como se observa en el Matorral desértico rosetófilo con lo que se finiquita un trasplante exitoso. Aun con esto se pueden implementar técnicas y procesos que puedan aumentar la sobrevivencia y lograr como en otros casos mencionados, sobrevivencias de hasta el 98 %.

Aun cuando los ecosistemas son diferentes la variabilidad de sobrevivencia, entre comunidades vegetales, resultó no ser distintivo, esto se atribuye en gran medida a que en ambos casos se empleó la misma metodología para su rescate, reubicación y su trasplante final

En base a los resultados conseguidos las especies que obtuvieron mayor grado de adaptabilidad para el ecosistema de matorral rosetófilo son *Lophophora williamsii* con 92 % y *Thelocactus bicolor* con 91 %, las cuales se comportaron de manera similar en ambos años de evaluación, con lo cual se concluye que trasplante se mantiene estable con mínima variabilidad para estas y todas las especies presentes en esta comunidad vegetal. Con lo que respecta al matorral micrófilo, *Mammillaria heyderi* y *Coryphantha salinensis* han mantenido un alto grado de sobrevivencia con 100 % Y 96 % respectivamente.

Aun cuando el MDR en promedio obtuvo un mayor grado de sobrevivencia, es el MDM quien presento una mayor adaptabilidad de especies, ya que la mayoría de las especies sobrepasan sobrevivencias de 82 % a excepción de *Echinocereus poselgeri* que presento de 67%.

La riqueza específica de las dos comunidades se consideró baja, sin embargo, mostro ligeras tendencias al aumento con cada año de evaluación, con respecto a la riqueza obtenida en el conteo inicial ambas localidades. La diversidad en el caso del matorral rosetófilo, presento un descenso con respecto la diversidad inicial, sin embargo, en las siguientes evaluaciones, se ha mantenido

presentando mínima variabilidad; en el caso del matorral micrófilo la diversidad aumento sin embargo sigue siendo valores considerados como de baja diversidad, pero aceptables para un área trasplantada.

De las cuatro especies presentes en ambas localidades, tres mantienen porcentajes de sobrevivencia similares, *Coryphantha neglecta*, *Sclerocactus scheeri* y *Thelocactus bicolor*, lo cual indicó adaptabilidad a ambos ecosistemas. Sin embargo, *Coryphantha salinensis*, se adaptó mejor al matorral desértico micrófilo, presentando una sobrevivencia muy alta del 96 % con respecto al 60 % obtenido en el matorral rosetófilo.

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, P. & Delibes M. 2013. Efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España: repercusiones para la gestión. *Revista Ecosistemas*, 22(2): 33-39.
- Alanís R. E., Jiménez P. J., González R. H., Canizales V. A., Mora O. A., Mata Balderas, J. M., & Hernández Salas, J. 2015B. Composición, estructura y diversidad de matorrales en el centro de Nuevo León, México. *Botanical Sciences*, 93(2): 345-355.
- Alanís R. E., Molina G. V. M., Rechy P. L., Acalá R. A. G., Marín S. J. D. y Pequeño L. M. A. 2016. Composición, diversidad y supervivencia de un área restaurada en el Complejo Siderúrgico de Ternium, Pesquería, Nuevo León. *Experiencias Mexicanas en la Restauración de Ecosistemas*. México. 255-273 pp.
- Alanís R. E., Mora O. A., Jiménez P. J., González T. M., Yerena Y. J., Martínez A. J., y González R. L. 2015A. Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México. *Acta Botánica Mexicana* 110: 105-117.
- Anderson E. F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press, Portland (Oregon), ISBN 0-88192-498-9.
- Arias M. S., Guzmán U., Mandujano M. C., Soto G. M., y Golubov J. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001, la Lista Roja (IUCN) y CITES. *Cactáceas suculentas mexicanas*. Vol. 50(4):100-125.
- Arredondo, G. A y Sánchez B. R. 2007. Guía técnica para la protección y rescate de las cactáceas por eventos de perturbación. Campo experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. Folleto técnico Núm. 31 San Luis Potosí, México. 36 p.

- Arredondo, G. A. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental Palma de la Cruz. San Luis Potosí. México. 25 p.
- Bahena Rodríguez E. G., 2012. Impacto y riesgo ambiental manifestación de impacto ambiental fraccionamiento habitacional privadas de bella vista ii ubicación: Ciénega de flores, Nuevo León. p 35-42.
- Comisión Nacional Forestal (2010). Prácticas de reforestación. Manual básico, Zapopan. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/manual_practicas_de_reforestacion.pdf
- Duran G. R. y Méndez G. M. 2009. Cactáceas. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Pp. 191-192. Disponible en: <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/17%20Cactaceas.pdf> (Consultado en abril 2015).
- Enviromental Resources Management (ERM). 2011. Subprograma y reubicación de flora y fauna silvestre. Proyecto 0123112. 29 p.
- Flores J. S. 2012. Servicios de agua y drenaje de monterrey. Programa de Acciones de Rescate y Reubicación de las Especies de Flora Y Fauna Silvestre. Proyecto "Monterrey VI" México. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/nl/resumenes/2012/19NL2012H0018.pdf>
- Fuentes, A & Jiménez S. C. 2007. Uso y Manejo de las Cactáceas en la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México". *Sitientibus Série Biológicas* 7:78-85
- Giménez, A. M., Hernández, P., Gerez, R., & Ríos, N. A. (2007). Diversidad vegetal en siete unidades demostrativas del chaco semiárido argentino. *Madera y Bosques*, 13(1), 61-78.
- Godínez, -Á.H., Jiménez M., Mendoza M., Pérez F., Roldán P., Ríos L., & Lira R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia

de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México.
Rev Mex Biodiv 79:393-403.

Gutiérrez Hernández, F. y M. Nevárez de los Reyes, 2003, "Rescate de cactáceas en líneas de transmisión eléctrica en el noreste de México", Memorias del Primer Encuentro Ambiental y del Patrimonio Cultural, Subdirección de Construcción de la Comisión Federal de Electricidad, Boca del Río, Veracruz.22 p

Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2007. Catálogo de autoridades taxonómicas de las cactáceas (Cactácea: Magnoliopsida) de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Base de datos SNIB CONABIO, proyectos Q045 y AS021. México.90 p.

Huerta Martínez, F. M., & García Moya, E. (2004). Diversidad de especies perennes y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: implicaciones para la conservación. Intercencia. Vol. 29 N° 8. 435-441 p.

Ingenmar Panamá, Consultores Ambientales 2009. Informe de gestión ambiental de flora y fauna. Biota acuática y calidad. Proyecto hidroeléctrico Pando y Monte Lirio. Procedimientos de mitigación y monitoreo. Panamá. 150 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2007. Guía técnica para la protección y rescate de cactáceas por eventos de perturbación. Folleto técnico N° 30. ISBN 978-970-43-0257-3. 47 p.

Instituto Nacional de Estadística (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Mina, Nuevo León Clave geoestadística 19037 2009.

Ledesma M. A., Aguilar G. J., y Alanís F. J. G. 2001. Rescate de una población de *Lophophora williamsii* jardín botánico Ingeniero Héctor Vargas Garza. RIMSA. Taller Regional de Cactáceas del Noroeste de México. UANL. Mina, Nuevo León, México. 24-25p.

- Lincoln R. J., Boxshall G. A., y Clark P. F. 1995. Diccionario ecológico, evolución y taxonomía. Ed. Fondo de Cultura Económica. México.
- Martínez, T., & Martín, J. 2001. Evaluación de la supervivencia de distintas especies raparías en las plantaciones efectuadas en las riberas del Henares con fines de restauración. Boletín Agrario: Madrid También es Campo, N° 1: 26-30.
- Mata, M., Treviño, E., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E., & Foroughbackhch, R. (2014). Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noreste de México. *Rev. Iberoam. Cien*, 1(3): 3-15
- Mata-Balderas J. M., Treviño-Garza E. J., Jiménez Pérez J., Aguirre-Calderón O. A., Alanís Rodríguez E. y Mora Olivo. Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México. CIENCIA UANL / AÑO 18, No. 75:67-73.
- Medina Guillén, R., Cantú Silva, I., Estrada Castellón, E., González Rodríguez, H., & Delgadillo Villalobos, J. A. (2015). Cambios en la vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo. *Rev.Mex. CienFor*, 6(32): 37-48.
- Mora Donjuán, C. A., Rubio Camacho, E. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. A., Mata Balderas, J. M., & Mora Olivo, A. 2014. Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el noreste de México. *Polibotánica*, (38): 53-66.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Nevárez de los Reyes, M. y F. Gutiérrez Hernández. 2001. “Rescate de cactáceas en líneas de transmisión eléctrica en el noreste de México”, 3er Taller Regional de cactáceas del noreste de México, 23 - 25 de agosto de 2001, FCB-UANL, San Nicolás de los Garza, N. L. 22-23 p.

- Palacios, R.M.P. 2010. Efectos del cambio climático sobre la distribución de nopales (género *Opuntia* y *Nopalea*: Cactaceae) en la región central de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. 60 p.
- Paredes-Aguilar, R., Van Devender, T. R., & Felger, R. S. (2000). *Cactáceas de Sonora, México: su diversidad, uso y conservación*. Arizona-Sonora Desert Museum Press. Tucson, 143 p
- Plan municipal de desarrollo urbano del municipio de García, Nuevo León. 2012-2015. Gobierno del Estado. Disponible en: http://garcia.gob.mx/wp-content/uploads/2015/11/130607_184449.pdf
- Rojas Zamora, O., Insuasty Torres, J., Cárdenas, C. D. L. Á., & Vargas Ríos, O. (2013). Reubicación de plantas de *Espeletia grandiflora* (*Asteraceae*) como estrategia para el enriquecimiento de áreas de páramo alteradas (PNN Chingaza, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 61(1): 363-376.
- Salas Pulido T., Benítez Badillo G., Osorio Rosales L., Equihua Zamora E. & Borja Luyando G., 2007. Programa de rescate conservación y protección de flora nativa en la reserva ecológica cerro de las culebras Coatepec, Veracruz. Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1../Lists/Biodiversidad/.../2/CerrodelaSculebras.pdf>
- Salas, J. S., Pérez, G. M., Castillón, E. E., & Aranda, M. G. (2010). Registro de dos nuevas localidades y reubicación de individuos de una de ellas de *Astrophytum myriostigma* (Cactaceae) en Durango, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 741-745 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 6 marzo de 2002.

Disponible

en:

<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/catRiesMexico>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Sotelo, E., N. Cardona, A. Fregoso, C. Enríquez, A. Garrido, G. Caire y H. Cotler. 2005. Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala: recomendaciones técnicas para las diecinueve subcuencas. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/zonas_prioritarias_lerma_chapala.pdf

Téllez, B. M. y Magaña V. M. 2002. La extracción sustentable en la actividad de minería a cielo abierto. Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 90 p.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN. Disponible en: <http://www.iucn.org/es/sobre>, última consulta: 11 de agosto de 2016

URS Holding Inc. 2011. Estudio de impacto ambiental, categoría III, proyecto para la construcción del puente en el sector Atlántico. Panamá, 168 p.

Valencia, M. A. 2013. Evaluación del traslado de epifitas vasculares, como Estrategia de conservación en el municipio de Agua Azul, departamento del Casanare. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales, Colombia. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/755/_valencia_marin_Argemiro_2013.pdf?sequence=1.

Valiente, Banuet A. 2002. Vulnerabilidad de los sistemas de polinización de cactáceas columnares de México. *RevChilHistNat*75:99-104.

VII. ANEXOS

A1 Catálogo de especies

Especies con mayor sobrevivencia *Lophophora williamsii*



Planta globosa de tallo aplanado hacia el suelo, del cual sobresale algunos 3 cm, pudiendo alcanzar un diámetro hasta de 10 cm. Es usualmente solitaria, su sistema radicular lo constituye un profundo tubérculo en forma de zanahoria, que puede alcanzar los 20 cm de longitud. El tallo está dividido en 7 a 10 costillas, cada una de las cuales contienen areolas cubiertas de lana blanca, separadas 1 cm una de otra. Sus flores son apicales, de color rosa claro con vetas blancas, de 0.5 cm de diámetro por 0.5 cm de largo. Sus frutos son cilíndricos, de color rojo, de 1 cm de largo por 4 mm de diámetro, y contienen algunas semillas negras de 1 mm de diámetro. Especie de gran valor por su contenido de sustancias alucinantes, motivo por el cual se le utiliza con fines religiosos por tribus del altiplano de México. Se distribuye ampliamente en el Altiplano Mexicano, donde crece en planicies rocosas, debajo de cualquier tipo de vegetación xerófita, en alturas comprendidas entre 800 a 1600 m.

Mammillaria heyderi.



Planta de tallo globular, usualmente solitaria, pudiendo alcanzar hasta 20 cm de diámetro, sobresaliendo algunos 5 cm del suelo. Su tallo está dividido en decenas de mamilas color verde oscuro, de forma piramidal, de 1 cm de largo, carentes de pelo en las axilas. De la punta de cada mamila emergen de 15 a 22 espinas radiales de color blanco, con las puntas coloreadas de color café oscuro, de 5 a 8 mm de largo. Además, surge una espina central de color café claro, recta hacia afuera, de 6 mm de longitud. Las flores son de color rosado brillante, con vetas de color blanco, de 2 cm de diámetro por 1 cm de largo. Los frutos son cilíndricos, de color rojo profundo, de 1 cm de largo por 5 mm de diámetro, llevando en su interior decenas de semillas de color café claro, de 1 mm de diámetro. Esta es una especie bastante abundante en diversas regiones del Desierto Chihuahuense, principalmente del centro de Chihuahua, el sur de Coahuila, y las partes norte de los estados de Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, y Zacatecas, donde crece en terrenos rocosos abiertos, en alturas comprendidas entre 800 a 1800 m.

Especies con menor sobrevivencia
Echinocereus poselgeri



Especie arborescente, de tallo rígido largo, de color verde profundo, que puede alcanzar hasta 60 cm de largo por 1 cm de diámetro. El tallo está dividido en 8 a 10 costillas cortas, algo irregulares, con areolas espaciadas 2 mm una de otra, cubiertas de lana blanca, uniformemente distribuidas en todo el tallo. De cada areola emergen de 15 a 20 espinas radiales de color café claro, de 2 mm de largo. Además, de 5 a 10 espinas centrales rectas, de color blanco con las puntas de color amarillento, de 4 mm de largo. Las flores son de color rosa pálido, de 5 cm de diámetro por 5 cm de longitud. Los frutos son globosos, de 5 cm de diámetro, llevando decenas de semillas redondas negras, de 1 mm de diámetro. Esta especie está ampliamente distribuida en la parte norte del Desierto Chihuahuense, principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, donde crece en planicies arenosas a la sombra de arbustos bajos, en alturas comprendidas entre 800 a 1200 m Su densidad de población es relativamente baja, ya que es posible encontrar un individuo cada 10 metros cuadrados.

Echinocereus pectinatus



Planta de hábito mixto (solitaria o que puede formar macollos), de tallo cilíndrico, que puede alcanzar hasta 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro. Su tallo está dividido en finas costillas cuyo número puede variar entre 15 y 20. Cada costilla tiene numerosas espinas radiales que varían entre 20 y 30 de color crema a café oscuro hasta de 9 mm de longitud. Algunas subespecies poseen espinas deprimidas hacia el cuerpo, mientras que otras las tienen orientadas hacia fuera. Las flores son de color rosado, volviéndose de color blanco en la parte inferior de cada pétalo, hasta de 6 cm de diámetro por 10 cm de largo. Los frutos son globosos de 5 cm de diámetro, conteniendo gran cantidad de semillas negras menores a 1 mm de diámetro. Estos frutos, conocidos como pitayas, son muy apreciados por su exquisito sabor. Es abundante en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, donde crece en lomeríos bajos en alturas comprendidas entre 600 a 1800 msnm.

Especies presentes en ambas áreas

Coryphantha salinensis



Plantas simples que rara vez forman macollos, de tallo globular, hasta de 15 cm de diámetro, de color verde grisáceo, dividido en tubérculos ligeramente prominentes, de forma piramidal redondeada, de 15 mm de largo por 12 mm de diámetro en la base. Las areolas son apicales, de 1 mm de diámetro y cubiertas de fina lana blanca. Cada tubérculo posee de 10 a 12 espinas radiales, de color gris, de 18 mm de largo. Además, una espina central gruesa, ligeramente curvada hacia el tallo, de color negro, y de 20 mm de largo. Las flores son de color amarillo pálido, de 7 mm de diámetro por 5 mm de largo. Los frutos son globosos, de color verde olivo, de 10 mm de diámetro. Las semillas son de color café claro, de 3 mm de largo por 1 mm de espesor. Su área de distribución es muy amplia, abarcando gran parte de la franja fronteriza entre Coahuila y Nuevo León.

Coryphantha neglecta



Cactácea solitaria o de grandes grupos; de cuerpo globoso, de 7cm de ancho y 6 cm de alto, de color verde oscuro, ápice ligeramente deprimido, un tanto lanudo. Tubérculos de 13 series, cónicos, base romboidal ligeramente abultada. Espinas radiales de 16-20, las inferiores y las laterales con radiación horizontal y entrelazadas, rectas, rígidas, como agujas, 11-16 mm de largo, en la parte baja de un amarillo pálido, los laterales de un café oscuro, después todas cambiando a un color gris, las 4-6 espinas superiores más largas, por lo general agrupadas en dos capas, curvas, a veces más amplias y planas, 16-20 mm de largo, blancuzcas con las puntas negras. Flor con forma de embudo, de 4.5 cm de largo y de diámetro, de color amarillo pálido con fruto con forma de baya jugosa de 21 mm de largo y 10 mm de diámetro. Tipos de vegetación, Matorral espinoso tamaulipeco, Matorral submontano, Matorral micrófilo. Distribuidas en Nuevo León y Tamaulipas, Matorral Espinoso Tamaulipeco, Pliegues de Saltillo-Parras, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Llanuras de Coahuila.

Sclerocactus scheeri



Planta cilíndrico-globular, que puede alcanzar hasta 30 cm de altura por 15 cm de diámetro. Su tallo, de color verde oscuro, tiene costillas a su alrededor (de 10 a 13) divididas en tubérculos cónicos con areolas en las puntas. Tiene cerca de 5 espinas ganchudas largas, que pueden alcanzar hasta 5 cm. Posee de 15 a 17 espinas radiales pequeñas de color blanquecino, de aproximadamente 1 cm de largo. Las flores son de color café claro hasta de 3 cm de largo por 0.5 cm de diámetro. Sus frutos son cilíndricos, de color verde brillante, de 3 cm de altura por 0.5 cm de diámetro, y en sus flancos aparecen diminutas espinas. Sus semillas son de color café, no mayores a 2 mm de diámetro.

Thelocactus bicolor



Especie usualmente solitaria, de tallo cilíndrico, de color verde fuerte, que puede alcanzar hasta 20 cm de altura por 10 cm de diámetro. El tallo está dividido en 8 a 13 costillas rectas o ligeramente espiroidales, con areolas en cada costilla espaciadas algunos 5 mm, cubiertas de pelusa blanca. De cada areola surgen de 8 a 13 espinas radiales de color rojo, con las puntas de color crema, de 3 cm de longitud. También lleva de 3 a 5 espinas centrales rectas, planas, agudas, color rojo fuerte, de 3 a 5 cm de longitud. La subespecie tricolor difiere en que además de las espinas centrales rojas, posee una más de color blanco de las mismas dimensiones. Las flores son apicales, de color magenta, de 7 cm de diámetro por 3 cm de longitud. Los frutos son pequeñas bayas de color verde claro, de 1 cm de diámetro, conteniendo algunas semillas negras de 2 mm de diámetro. Esta es una especie de amplia distribución en la parte norte central del Desierto Chihuahuense, donde crece en alturas comprendidas entre 600 a 1800 m, en lomeríos bajos rocosos cubiertos de vegetación xerófita.

A2. Anexo fotográfico de las áreas de rescate y reubicación de cactáceas. Matorral desértico micrófilo



Foto 1. Panorámica del área de ejecución del proyecto.



Foto 2. Vegetación presente en el área del proyecto.



Foto 3. Recorrido realizado en el área del proyecto para la aplicación del programa.



Foto 4. Selección del área para el manejo de ejemplares.



Foto 5. Colocación de la cinta en las especies a rescatar.



Foto 6. Toma de la georreferenciación de la especie.



Foto 7. Utilización de una pala para realizar el hoyo alrededor de la cactácea.



Foto 8. Extracción de una Mancacaballo utilizando una pico.



Foto 9. Utilización de botes y cajas para el traslado de las especies.



Foto 10. Acomodo en el vehículo de las cactáceas para ser trasladadas al centro de acopio.



Foto 11. Centro de acopio de los ejemplares acomodados por especie.



Foto 12. Muestra el área donde se colocaron las especies de cactáceas.



Foto 13. Trasplante de un *Echinocereus poselgeri* (Sacazil) debajo de una planta nodriza.



Foto 14. Muestra la creación de las cepas para el trasplante de cactáceas.



Foto 15. Plantación de un *Echinocactus horizontalonius*.



Foto 16. Muestra el acomodo de la especie *Echinocactus horizontalonius* en la zona de trasplante.



Foto 17. Muestra la especie plantada, la cual presenta compactación alrededor de la misma.

Matorral desértico rosetófilo



Foto 1.- Panorámica de los cinco cobertizos en donde se colocaron las especies rescatadas.



Foto 2.- Muestran las naves o cobertizos terminados, donde las especies rescatadas permanecerán temporalmente, hasta ser reubicadas.



Foto 3. En cada una de las naves los individuos fueron contados y acomodados por especie.



Foto 4.- Plantación de la especie *Echinocereus pectinatus*.



Foto 5.- Embolsado de algunas especies, para facilitar su traslado.



Foto 6.- Plantación provisional de la especie *Lophophora williamsii*.

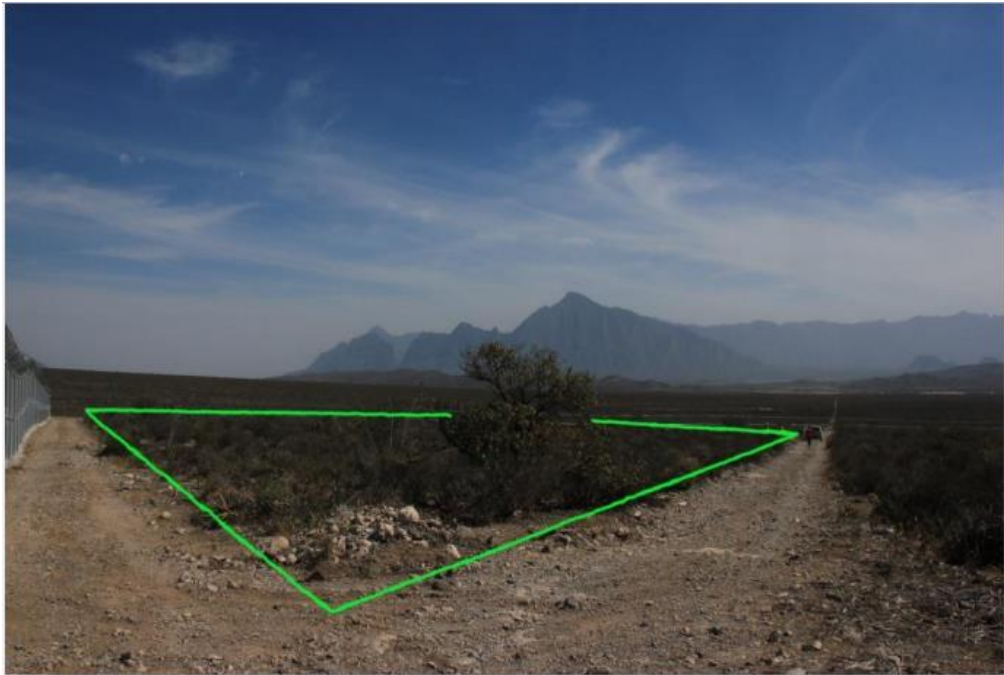


Foto 7.- Panorámica delimitada del área de reubicación permanente de flora.



Foto 8.- Panorámica mostrando la vegetación intacta del área.



Foto 9.- *Sclerocactus scherri* en perfecto estado después de haber sido trasplantado.



Foto 10.- *Thelocactus bicolor* trasplantado en una zona imitando su hábito original.



Foto 11.- *Neolloydia conoidea* acomodada en las cercanías de una lechuguilla.



Foto 12.- Ejemplar multicéfalo de *Epithelantha micromeris* integrado perfectamente con la vegetación existente.